BULLETIN DU MUSÉE OCÉANOGRAPHIQUE DE MONACO
N° 25. — 15 Mars 1905.

L'Outillage moderne de l'Océanographie[1]

PAR

S. A. S. le Prince ALBERT DE MONACO

L'influence croissante de l'esprit scientifique sur la société moderne a formé dans Paris un public attentif aux recherches de l'Océanographie, science jusqu'ici délaissée en France, précisément dans le pays qui aurait dû, avant tout autre, lui être favorable, car elle regarde à la fois le mouvement philosophique et le progrès matériel.

L'Océanographie tient un rôle considérable dans l'histoire de notre planète : l'immensité des mers en témoigne ainsi que l'origine marine de beaucoup d'éléments nécessaires à la vie terrestre, sinon, peut-être, de la vie elle-même. Et peu à peu l'esprit des océanographes, guidé par la biologie, s'explique la marche grandiose des êtres dans l'évolution et l'adaptation au milieu qui lui montreront un jour, peut-être, la succession des familles sorties de la simple cellule pour arriver jusqu'à l'homme, l'expression actuelle la plus haute de la puissance vitale.

En attendant que, pour l'honneur de la science française, les études océanographiques prennent racine dans le monde intellectuel de Paris ; en attendant aussi l'indispensable création d'un cours universitaire, on trouvera ici le moyen de parcourir

(1) Conférence faite à Paris pour l'ouverture du cours d'Océanographie créé par le Prince.

le domaine de l'Océanographie et de suivre les conquêtes progressivement réalisées dans la plupart des pays maritimes grands et petits, sauf la France, pour en augmenter la richesse.

Trois de mes collaborateurs se partageront le programme, d'abord très réduit, par lequel vous serez initiés aux principes de la science nouvelle.

M. Thoulet, professeur à la Faculté de Nancy, qui traitera de l'Océanographie pure, est, depuis vingt-cinq ans, dévoué aux intérêts de cette science, et, si son rôle en France est aussi obscur que l'Océanographie elle-même, il occupe dans les comités internationaux chargés de résoudre certaines questions de physique du globe, le tout premier rang. Ses publications remarquables, ses travaux de laboratoire et les campagnes par lesquelles il s'est familiarisé avec le milieu marin, objet de ses efforts scientifiques, m'ont amené à lui confier dernièrement la mission très importante et très délicate de présenter au Congrès international de Géographie tenu à Saint-Louis et de faire accepter par lui un travail considérable dont j'avais reçu la charge du Congrès de Berlin ; il s'agissait d'une carte générale, en vingt-cinq feuilles, de tous les sondages profonds exécutés jusqu'à ce jour dans toutes les mers du globe. Il s'agissait, en même temps, de faire adopter par cette réunion le système de nomenclature proposé par la Commission internationale que j'ai présidée à Wiesbaden en 1903 et dont faisaient partie Sir John Murray, MM. Nansen, Makharof, Robert Mill, Supan, Krümmel, Pettersson et Thoulet, les sommités européennes de la science océanographique.

Le Congrès ayant adopté à la presqu'unanimité les conclusions présentées par M. Thoulet, le succès de la mission a donc été complet. Or, ce succès implique une conséquence heureuse pour la science française, et d'une grande portée, la carte bathymétrique dont il est question étant construite avec le mètre comme unité de mesure (1).

M. Joubin, professeur de l'Université, vient d'être mis en possession d'une chaire au Muséum de Paris, et vous parlera

(1) J'ajouterai que M. le Professeur Thoulet, l'unique océanographe de France, est aujourd'hui encore, après trente année d'éminents travaux, professeur de troisième classe à Nancy.

avec d'autant plus d'autorité de ce que l'on connaît aujourd'hui sur la zoologie marine, qu'il étudie depuis longtemps un des groupes les plus curieux de la série animale obtenue dans nos croisières scientifiques : celui des Céphalopodes, de ces mollusques dont les formes, la nature et l'aspect suggèrent tantôt l'horreur, tantôt l'admiration. M. Joubin, lui aussi, est venu avec moi sur l'Océan pour compléter sa haute valeur scientifique par des études avec le scalpel et la loupe sur des individus fraîchement recueillis, quelquefois encore vivants.

Le docteur Portier, un vétéran de mes campagnes, a, l'un des premiers, porté sur la mer et dans ses profondeurs les recherches de la physiologie auxquelles sa situation d'assistant à la chaire de physiologie de la Sorbonne l'avait préparé.

Son esprit ingénieux vous communiquera bien des connaissances qu'il a su acquérir en sondant les mystères qui planent sur la vie des êtres marins. Plusieurs croisières faites avec moi, depuis les mers tropicales jusqu'aux régions arctiques, lui donnent une grande autorité sur ce sujet presque neuf car, jusqu'ici, les physiologistes n'avaient pas transporté leurs laboratoires parmi les vagues de la mer; et celui de la *PRINCESSE-ALICE* est, maintenant encore, le seul existant.

Pour accomplir les travaux que réclame l'Océanographie, cette science nouvelle, on a dû créer un matériel spécial dont l'emploi exige, à la fois, l'expérience d'un marin et la connaissance exacte des questions qu'il s'agit d'étudier. C'est le détail dont je me suis le plus spécialement occupé durant mes campagnes; je me bornerai, pour le moment, à en donner une vue d'ensemble, car l'outillage et les méthodes employés depuis vingt ans sur mes navires constituent un grand chapitre de notre histoire scientifique.

Il faut avoir vécu au milieu des opérations que je dirige sur la mer, pour comprendre les difficultés de notre tâche, quand elle exige des recherches de l'ordre physique ou chimique d'une grande précision, avec des instruments délicats envoyés jusqu'à la profondeur de 6 000 mètres, et quand elle nous impose la capture d'animaux très grands ou très petits, répandus à tous les niveaux de l'Océan.

On ne saurait comprendre, sans les avoir suivis, les efforts

de notre imagination pour faire triompher du vent, du courant ou de la grosse mer ces opérations déjà compliquées par elles-mêmes, et dont la marche si nouvelle ne peut être guidée que par des formules trouvées avec nos propres moyens.

La vapeur est la force employée pour le fonctionnement de nos engins dans des expériences qui durent souvent une journée entière et où la résistance est quelquefois de 6 ou 7 000 kilogr., elle fait agir des treuils plus ou moins puissants pour manœuvrer des câbles d'acier plus ou moins forts, mais dont la longueur déroulée peut atteindre 8 ou 10 000 mètres. Le câble destiné à des opérations de dragage ou de traînage est d'un seul morceau ; celui qui sert pour les sondages également, mais le troisième câble, destiné aux opérations pour lesquelles il faut abandonner, sur le fond de la mer, un appareil qui doit y rester longtemps immobile, est formé de dix ou douze sections ayant chacune 500 mètres, facilement détachables de la masse, suivant la profondeur choisie, pour être rattachées à une bouée puissante capable de supporter une charge de 4000 kilogrammes. Cette bouée porte deux fanaux pouvant brûler pendant deux jours et deux nuits, afin que, par des temps couverts où les observations du point astronomique deviennent impossibles, on évite de la perdre de vue la nuit.

Les appareils que j'emploie se divisent en deux groupes : ceux qui servent pour l'observation des phénomènes physiques ou chimiques, et ceux qui permettent de capturer les animaux marins ; ils ont été, presque tous, imaginés ou adaptés au fur et à mesure que des nécessités scientifiques surgissaient. Bien entendu je ne comprends pas dans cette courte description l'arsenal immense des instruments qui servent au laboratoire. Les instruments consacrés aux observations de l'Océanographie pure ont une précision suffisante pour répondre aux circonstances précaires dans lesquelles, souvent, celles-ci ont lieu.

Au début de mes entreprises, j'avais résolu d'étudier les courants superficiels de l'Atlantique Nord, et, collaborant avec Georges Pouchet, professeur du Muséum de Paris, j'ai lancé, au moyen d'un faible navire que je possédais alors, l'*Hirondelle*, en trois campagnes successives, 1675 flotteurs construits spécialement, de manière à ne subir que l'impulsion donnée par

l'entraînement des eaux, et qui ont visité presque toutes les côtes et les archipels de l'Atlantique Nord. Le résultat de cette expérience a été complet et figure sur une carte spéciale publiée en 1892.

Mais il a fallu recourir à une méthode plus scientifique lorsque, tout récemment, j'ai voulu permettre à M. Thoulet de réaliser un plan de recherches sur les courants inférieurs, basé sur l'observation des températures et densités.

Il s'est agi, alors, de faire, sur une grande échelle, des opérations, qui, jusque-là, s'étaient bornées pour nous, à la prise d'une température et d'un échantillon d'eau sur les points où l'on pratiquait un sondage ; et nous avons obtenu des séries verticales où figurent les niveaux de 25, 50, 100, 150, 200, 250, 500, 1 000 mètres et ainsi de suite jusqu'à 5 500 mètres.

Les instruments employés sont le thermomètre à renversement de Miller Casella et la bouteille à eau du docteur Richard ; le premier conserve la température du niveau où il est envoyé, au moyen d'un renversement complet qui, séparant la colonne de mercure du mercure de la cuvette, immobilise cette colonne au degré et dixième de degré qu'elle marque à ce moment. Le second, un cylindre métallique ouvert à chaque bout, laisse passer l'eau pendant sa descente et retient celle du niveau voulu, par le même moyen du renversement qui fait obturer les ouvertures par deux robinets.

Dans l'un et l'autre cas on obtient ce renversement au moyen d'une petite hélice placée au sommet de l'instrument, qui fait quelques tours dès la remontée du câble, et déclanche ainsi un verrou d'arrêt. On l'obtient encore par la chute d'un petit messager massif lâché du navire au moment voulu, qui glisse le long du câble et tombe sur un ressort spécial de l'instrument ; celui-ci, en se retournant, lâche un second messager qui tombe sur l'instrument du niveau suivant, et ainsi de suite jusqu'à l'instrument fixé tout en bas.

Le câble de sondage porte à son extrémité inférieure tout un système, composé d'un instrument appelé sondeur qui doit ramener un échantillon géologique du fond, et d'une série variable d'anneaux métalliques pesant chacun 15 kilogr. qui forment un lest pour entraîner le câble. J'emploie deux types de

sondeurs très différents : l'un, le tube de Buchanan, est un emporte-pièce qui pénètre dans les vases molles dont il extrait un boudin où la stratification des couches est conservée ; progressivement l'expérience acquise m'a permis d'allonger cet appareil, et maintenant il me fournit des boudins de vase qui atteignent 0^{m} 80. L'autre, le ramasseur Léger, agit au moyen de deux pelles creuses réunies sur une articulation et saisissant les matériaux meubles du fond par le rapprochement de leurs faces que leur propre poids réunit dès qu'elles quittent le sol. Le tube sondeur Buchanan rapporte seulement des vases plastiques susceptibles d'adhérer à ses parois intérieures; le ramasseur Léger, également appelé « sondeur à dragues », ramène des sables, des graviers et de petits cailloux.

Sur mes navires on a encore imaginé d'autres instruments pour les recherches d'Océanographie pure, notamment une bouteille construite sur les données du docteur Richard, afin de montrer que la quantité des gaz dissous dans les grandes profondeurs de la mer est indépendante de la pression qui règne à ce niveau.

Les instruments consacrés à la zoologie marine sont plus nombreux que les autres, car ils doivent être conçus d'après le tempérament et les mœurs des familles répandues depuis la surface jusqu'au fond. Dans la plupart des cas, ils ont été inspirés par des engins dont les pêcheurs se servent depuis longtemps sur le littoral; car, si notre imagination peut faire des merveilles pour servir la science, les hommes semblent avoir déjà utilisé dans leur lutte pour l'existence tous les moyens que leurs connaissances en mécanique étaient capables de suggérer à leurs instincts de chasseurs.

Peu d'expéditions océanographiques ont exploré la mer avec d'autres appareils que le chalut, filet plus ou moins formé comme un sac et seulement destiné à recueillir, par un traînage brutal sur le fond même, les animaux fixés, comme les coralliaires, ceux qui se traînent péniblement comme les mollusques ou les échinodermes, et quelques-uns des moins vifs parmi les poissons et les crustacés. Sur mes navires, au contraire, on a toujours pensé que la multiplicité des moyens d'investigation

augmenterait largement le domaine de la zoologie; on a même enrichi, par l'application de ce principe, celui de la biologie, car, souvent, des engins s'adressant aux instincts des animaux nous ont révélé des faits qui se rapportent à la prédominance des espèces, à leur alimentation et au nombre des individus.

Mon premier essai, en dehors du classique chalut, a consisté dans l'emploi d'une nasse, d'un piège amorcé qui devait, suivant mon calcul, agir sur les animaux des grandes profondeurs avec l'efficacité dont les pêcheurs de homards ou d'anguilles se trouvent si bien sur le littoral de la mer et dans les eaux douces. Le fait est que, dès ma première expérience par une profondeur dépassant 1 000 mètres, j'ai obtenu beaucoup de poissons fort peu connus auparavant et appartenant à deux espèces: « *Simenchelys parasiticus* » et « *Synaphobranchus* ». Depuis lors, j'ai perfectionné cet engin auquel j'ai donné la forme d'un trièdre afin qu'il soit assuré, en toutes circonstances, de se poser sur le fond dans des conditions favorables à la régularité de son fonctionnement.

L'appareil est construit en filet et en lattes de bois, ce qui le rend très simple, ses dimensions sont assez grandes pour contenir une douzaine de personnes. Je l'ai descendu, au bout du câble d'acier à sections, jusque dans la profondeur de 5285 mètres d'où il m'a apporté des merveilles, et, partout où je l'envoie, il fournit d'excellents résultats. Mais la manœuvre en est difficile et réclame autant de soin que d'expérience, parce que l'appareil, très délicat, descend avec une grande lenteur et que le détachement de son câble de la bobine, pour être rattaché à la bouée, ainsi que le lancement de celle-ci à la mer, sont des manipulations compliquées par le poids excessif du câble, si la profondeur est grande, et par la nécessité de maintenir le bateau immobile pendant toute l'opération. Il convient d'ajouter que la reprise de l'appareil est tout aussi difficile.

L'emploi des nasses présente, pour les expéditions qui ne jouissent pas d'une indépendance absolue dans leur programme, un inconvénient qui explique, mieux que les difficultés du travail, le peu d'usage qu'on en a fait : une nasse doit, pour donner un bon résultat, stationner 48 heures sur le fond, et, comme ensuite le mauvais temps ou le brouillard peuvent empêcher de reprendre

sa bouée, le navire serait quelquefois arrêté pendant une semaine et même plus.

Dans mes croisières, j'ai l'habitude de faire ce que j'appelle des stations ; c'est-à-dire que plusieurs points de la mer sont choisis pour pratiquer sur chacun d'eux une série aussi complète que possible d'opérations, au moyen des instruments destinés à l'Océanographie pure et des engins consacrés à la zoologie ou à la biologie. Le point de la station est marqué par une bouée que je mouille sur le fond, quelle que soit sa hauteur, et une nasse est adjointe au lest nécessaire à cette installation ; de cette manière l'appareil travaille pendant toute la durée de la station sans faire perdre un temps précieux.

Parmi les engins nouvellement appliqués par moi aux recherches en eau profonde, le « palancre », constitué par une série de gros hameçons placés sur une ligne mère longue de 4 ou 500 mètres, m'a été fort utile parce qu'il vise des animaux voraces inaccessibles aux chaluts et aux nasses.

La pose, en eau profonde, d'une ligne semblable n'était pas, lors des premiers essais, une chose très simple pour nous : afin d'éviter que cet appareil, allongé à la surface de la mer, tombât en désordre sur le fond après une aussi grande chute, je mouillais d'abord, à une distance de 5 ou 600 mètres l'une de l'autre, deux bouées supportant chacune un câble, le long duquel un anneau de fonte pouvait courir ; la ligne était alors tendue de l'une à l'autre bouée, et les bouts fixés aux anneaux qui, abandonnés simultanément, entraînaient tout l'appareil jusqu'au fond.

Aujourd'hui, j'emploie une méthode plus simple : un seul câble est mouillé pour recevoir un anneau qui porte l'un des bouts du palancre ; celui-ci est allongé vers le large et on fixe à son bout éloigné une plaque de métal assez lourdement lestée, qui, lorsque tout est lâché, fait l'office d'un cerf-volant renversé, dont l'effort, pendant la descente, maintient le palancre tendu.

Par ce moyen j'ai obtenu beaucoup de squales, ou requins, de diverses espèces qui vivent sur le fond, et j'ai pu, déjà, me rendre compte du rôle important que ce groupe tient dans de nombreuses régions, jusqu'à des profondeurs de deux mille

mètres. Parmi les îles du Cap Vert, j'en ai ramené un spécimen qui avait presque 3 mètres, et connu seulement par deux exemplaires, sans aucune information sur leur habitat ; c'est le *Pseudotriacis microdon*. Enfin, j'ai obtenu, aux Açores, une grande *Chimæra* que je n'ai jamais retrouvée avec d'autres engins.

Plusieurs fois, j'ai tenté avec succès et par des méthodes semblables la descente, aux grandes profondeurs, d'un filet nommé « trémail », en usage sur le littoral de la Méditerranée où il constitue un des engins les plus productifs. C'est une sorte de long rideau à triple nappe, que l'on fait tenir debout sur le fond grâce à une combinaison de flotteurs en liège et de lest en plomb, qui intercepte la circulation des animaux et les prend dans des poches qu'ils font eux-mêmes s'ils cherchent à forcer le passage.

J'ai envoyé cet engin compliqué, long de 200 mètres, jusqu'à la profondeur de 2 600 mètres, et il m'a toujours donné de fort bons résultats lorsque l'opération marchait bien ; mais souvent aussi, comme il offre une grande résistance dans l'eau, malgré sa fragilité, il éprouve de graves avaries, ou même il disparaît par la rupture de quelqu'accessoire.

Pour la recherche des animaux relégués aux grandes profondeurs intermédiaires, les moyens sont plus vulgaires et moins variés parce que cette faune, qualifiée bathypélagique, se défend mieux, dans les espaces illimités où sa puissance natatoire supérieure lui permet de rayonner en tous sens, et où l'abondance des êtres de toutes les tailles multiplie les ressources alimentaires. Aussi, malgré l'outillage excellent de la *Princesse-Alice*, nous ne possédons guère de renseignements sur la vie dans ces régions. Mais nos efforts continuent et, bientôt peut-être, nous emploierons à ces travaux les engins les plus puissants et les plus audacieux que l'on ait conçus.

La présence d'une faune géante aux profondeurs qui séparent la surface et le fond même de la mer nous a été révélée par les récoltes faites dans l'estomac des cétacés, des cachalots notamment, qui vont jusque-là chercher leur nourriture presqu'exclusivement composée, pour la plupart des espèces, de céphalopodes plus ou moins forts. Le musée de Monaco

possède une remarquable collection de ces animaux que j'ai obtenus en employant l'outillage des baleiniers.

A part ce concours involontaire des cétacés, nous ne possédons aucun moyen capable de fournir des renseignements sur la grande faune bathypélagique ; et nous nous bornons à traîner, dans les vastes espaces qu'elle habite, des filets en forme de sac, suffisants, lorsqu'ils ont une ouverture de plusieurs mètres, pour capturer des organismes de petite taille, mais devant lesquels tous les grands nageurs peuvent s'échapper.

Jusqu'à une époque toute récente, nous cherchions à faire ces modestes récoltes avec des instruments qui descendaient fermés jusqu'à la profondeur voulue, s'ouvraient quand le travail commençait et se refermaient aussitôt que le traînage finissait ; on pouvait ainsi établir le niveau d'où les différentes espèces étaient obtenues. Mais devant les obstacles rencontrés par ce système, on a essayé, sur la *VALDIVIA*, pour la première fois, un procédé qui consiste dans l'envoi, aux régions inférieures, d'un filet ouvert que l'on remonte avec toute la vitesse possible. On pourra, quand on aura fait un grand nombre de ces opérations, à des niveaux variables, fixer par élimination le niveau minimum d'où chacune des espèces aura été ramenée. Je me sers, depuis 1903, pour ces recherches qui m'ont donné des résultats admirables quant à la nouveauté des espèces, d'un filet qui a 9 mètres carrés d'ouverture et que je nomme filet vertical.

Les animaux pélagiques de la surface et des environs sont beaucoup mieux connus que ceux des deux autres groupes, et c'est naturel puisque les navigateurs passent continuellement au milieu d'eux, mais leur biologie demande encore beaucoup de lumière ; et c'est là une des questions les plus urgentes de l'Océanographie. En effet, l'industrie de la pêche s'y rattache très directement par la nécessité de mettre un terme aux déprédations qui menacent de ruiner ces précieuses ressources ; or, il ne sera possible de conclure les accords internationaux utiles pour cela qu'après avoir suffisamment étudié l'alimentation, la croissance, la reproduction et les migrations des faunes littorale et pélagique.

Il y a, néanmoins, un fait que mes croisières montrent déjà, c'est l'existence, au large, et jusqu'aux plus grandes distances

de la terre, de poissons pélagiques réunis en bandes immenses couvrant des contrées entières d'une richesse incalculable. J'ai constaté la présence de plusieurs espèces au moyen d'un filet que j'appelle trémail de surface et qui est simplement le trémail indiqué ci-dessus avec des flotteurs plus puissants et un lest plus léger, de façon qu'il forme un long rideau flottant verticalement à la surface.

Mais j'ai obtenu aussi des poissons d'une plus grande taille réunis en bandes nombreuses, au moyen de lignes avec amorce artificielle que l'on traîne derrière le navire quand il ne marche pas à plus de cinq ou six nœuds. Les thons alimentent volontiers un tel engin, et je les ai trouvés jusque vers le milieu de l'Atlantique Nord. Pour récolter les petits animaux appartenant au « Plankton » de la surface, j'emploie un filet traînant en gaze de soie très fine, construit comme une senne et maintenu flottant avec des lièges ; ses deux ailes s'ouvrent par l'effet des plateaux qui les terminent et qui agissent, dans un plan horizontal, comme deux cerfs-volants en opposition ; il s'appelle « chalut de surface ».

Jusqu'à ces dernières années, il manquait à notre arsenal un appareil permettant de prélever un échantillon du « Plankton » de la surface pendant la marche rapide d'un navire ; le docteur Richard vient de combler cette lacune avec un objet très simple. C'est un sac en gaze de soie assez petit pour que la colonne d'eau qui le traverse n'ait pas la force de le défoncer, même à la vitesse la plus grande du navire. Tous les organismes constituant le « Plankton », voire de petits poissons, se laissent capturer par cet engin minuscule.

Enfin, je comprendrai dans l'outillage qui nous fait connaître les diverses formes de la vie dans la mer, un appareil dû aux longues et patientes recherches du docteur Portier, pendant mes trois dernières campagnes, pour déterminer l'existence de micro-organismes à toutes les profondeurs.

Il s'agissait de prélever, sur un point quelconque, un échantillon d'eau qui pourrait être préservé de toute contamination extérieure jusqu'à son application à des expériences sur un bouillon de culture. Voici la méthode employée cette année

même, pour la première fois et qui semble fournir des résultats irréprochables.

Un tube en verre, dans lequel on a fait le vide et se terminant par une grande longueur d'un diamètre capillaire, est enfermé dans une boîte de cuivre pleine de paraffine et pourvue d'un mécanisme permettant de la faire basculer, comme les thermomètres à renversement. La pointe de ce tube, fermée à la lampe, dépasse un peu le haut de la boîte, et vient se briser contre un butoir lorsqu'un messager provoque le renversement de l'appareil. Le long tube capillaire à plusieurs courbures empêche le mélange avec les eaux supérieures. Les résultats obtenus par ce procédé paraissent devoir éclairer bientôt le côté de la biologie marine que nous avons voulu explorer ainsi.

Cette courte revue suffit pour montrer nos efforts dans la recherche du matériel indispensable au progrès des études océanographiques; néanmoins, il reste encore tant d'inconnu sur ce champ considérable que je songe sans cesse à des moyens nouveaux capables d'y apporter une plus grande lumière. Mais, pour augmenter beaucoup la puissance des engins dont je me sers maintenant, il faudrait avoir plusieurs navires qui travailleraient ensemble, et, par conséquent, trouver dans quelque marine militaire une alliée. Or, il n'est pas encore facile de persuader aux Etats de l'Europe que l'intérêt de tous réside plutôt dans la solution des problèmes de la nature, où se trouve la clef de biens précieux pour l'humanité, que dans les armements fous et les guerres insensées.

Combien de générations faudra-t-il encore massacrer avant que la lumière scientifique montre l'absurdité de ces luttes, quand l'exploitation pacifique de notre planète permettrait à tous les hommes de vivre? C'est difficile de le dire; mais une élite intellectuelle, qui monte rapidement au-dessus des masses, commence à tourner les esprits et les énergies vers les promesses d'un horizon nouveau.

